

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-33>

УДК 519.86

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ У ГАЛУЗІ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELING APPLICATION FOR THE AGRICULTURE FIELD ANALYSIS

Степенко Софія Валеріївна

студентка,

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8244-3723>**Лазаренко Ірина Сергіївна**кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3384-1186>**Stepenko Sofiia, Lazarenko Iryna**National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Стаття присвячена аналізу існуючих економіко-математичних моделей, що використовуються для аналітики у галузі сільського господарства та агропромислового сектора (АПК) в цілому. Враховуючи положення агропромислового комплексу в структурі національної економіки України та його важливість, існує потреба у постійних дослідженнях. У роботі розглянуто теоретичну базу, підходи вітчизняних та іноземних вчених. Визначено та описано основні економіко-математичні моделі, що застосовуються в аналізі. Проаналізовано основні аспекти застосування моделей, наведено існуючі переваги та недоліки. У статті наведено приклад реалізації однієї з найпростіших задач із використанням економіко-математичної моделі.

Ключові слова: сільське господарство, агропромисловий комплекс, економіко-математичне моделювання, лінійне програмування, нелінійне програмування, регресія, критерій, прийняття рішень.

Статья посвящена анализу существующих экономико-математических моделей, которые используются для аналитики в сфере сельского хозяйства и агропромышленного комплекса (АПК) в целом. Учитывая положение агропромышленного комплекса в структуре национальной экономики Украины и его важность, существует необходимость в постоянных исследованиях. В работе рассмотрено теоретическую базу, подходы отечественных и зарубежных ученых. Определены и описаны основные экономико-математические модели, которые используются для анализа. Также проанализированы основные аспекты применения моделей, приведены существующие преимущества и недостатки. В статье приведен пример реализации одной из простейших задач с использованием экономико-математической модели.

Ключевые слова: сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, экономико-математическое моделирование, линейное программирование, нелинейное программирование, регрессия, критерий, принятие решений.

The article is devoted to the analysis of existing economic-mathematical models that used for analytics in the field of agriculture and agro-industrial sector (AIC) in general. According to the position of the agro-industrial complex in the structure of the national economy of Ukraine and its importance, there is a need for new researches. The relevance of the research is due to the role of the agricultural sector in GDP and its share in the foreign trade balance. The agricultural sector is one of the key sectors of Ukraine's economy. It is one of the key factors determining Ukraine's position in the world market of goods and services. The agricultural sector provides food to end users (population) and provides raw materials to other sectors of the agro-industrial complex (AIC) and the secondary sector of the economy. In fact, agriculture is the only sector in the structure

of Ukraine's national economy, which even in the 2007-2008 crisis years steadily increased its GDP (the share in the country's GDP was up to 13.6%). According to experts, the share of the agricultural sector in GDP in the coming periods will reach 25%. Today, more than 18% of the working population is employed in agricultural production. The agricultural sector is constantly evolving and new jobs are being created at various levels – from local farmers and farms, to agricultural holdings with domestic and foreign investment, whose territory covers entire regions and regions of Ukraine. Thus, the agricultural sector develops and stimulates the economy of Ukraine. The paper considers the theoretical basis, approaches of national and foreign scientists. Mathematical modeling in general is a universal and widely used method of scientific knowledge. But it is a complex and multifaceted tool that requires defining the basic conditions of application and delimitation of the areas of application of certain approaches. The main economic and mathematical models, which used in the analytics, are identified and described. The main aspects of the usage of models are analyzed, the existing advantages and disadvantages are given. The article contains an example of the implementation of one of the simplest problems using the economic-mathematical model.

Keywords: agriculture, agro-industrial complex, economic-mathematical modeling, linear programming, non-linear programming, regression, criterion, decision making.

Постановка проблеми. Галузь сільського господарства або ж аграрний сектор економіки сьогодні є фактично провідною галуззю національної економіки України. Протягом всього періоду незалежності України сільське господарство показує стабільний приріст основних економічних показників, збільшує частку у структурі валового внутрішнього продукту (ВВП), продукує нові надходження до бюджетів всіх рівнів та стимулює економіку. Саме таке стратегічне положення аграрного сектору викликає необхідність здійснення наукових фундаментальних та прикладних досліджень, а також застосування прогресивних та ефективних методів, таких як економіко-математичне моделювання.

Економіко-математичне моделювання – це специфічний інструмент, що потребує чітких роз'яснень, методичного підходу та аналітичного мислення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тема застосування підходів економіко-математичного моделювання для аналізу економічних систем та їх складових є актуальною протягом багатьох років. Свої праці цій темі присвятили такі вітчизняні та зарубіжні вчені як В.В. Вітлінський, Б.Є. Грабовецький, М.П. Власов, О.О. Бакаєв, С.П. Гамецька, О.І. Ястремський та інші. Численні роботи даній темі присвячують також студенти та аспіранти.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Математичне моделювання в цілому є універсальним та широко застосовуваним методом наукового пізнання. Але це складний та багатогранний інструмент, що потребує визначення основних умов застосування та розмежування сфер застосування тих чи інших підходів.

Формування цілей статті (постановка завдання). Ціль даної статті полягає у дослід-

женні існуючих підходів економіко-математичного моделювання для аналітики у аграрному секторі економіки та основних аспектів їх застосування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Моделювання – це основний специфічний метод науки, що застосовується для аналізу та синтезу систем управління, а також особливий пізнавальний спосіб, коли суб'єкт дослідження замість безпосереднього досліджуваного об'єкта використовує подібний до нього допоміжний об'єкт – образ чи модель, досліджує його, а отримані результати переносить на реальний досліджуваний об'єкт [1, с. 384].

Агропромисловий комплекс (далі – АПК) є надзвичайно важливим сектором економіки сучасної України. За різноманітними оцінками у АПК зосереджено близько третини основних виробничих фондів, працює четверта частина населення (із числа зайнятих у економіці), виробляється понад 20% валового продукту, більше 30% національного доходу та формується близько 70% роздрібного товарообігу [2]. Саме через те, що сільське господарство та АПК в цілому є однією з основних галузей економіки України і існує необхідність у ретельному вивченні даної сфери. Цю задачу можливо вирішити за допомогою економіко-математичного моделювання – воно дає можливість оцінити існуючий стан галузі та можливі ризики, розробити та проаналізувати можливі сценарії розвитку, прийняти адекватне управлінське рішення.

Аналітика у сфері АПК повинна бути в комплексною, тобто дослідження повинні проводитись на різних рівнях – як в розрізі окремих підприємств, так і для галузі в цілому.

Процес розробки економіко-математичної моделі включатиме в себе наступні етапи:

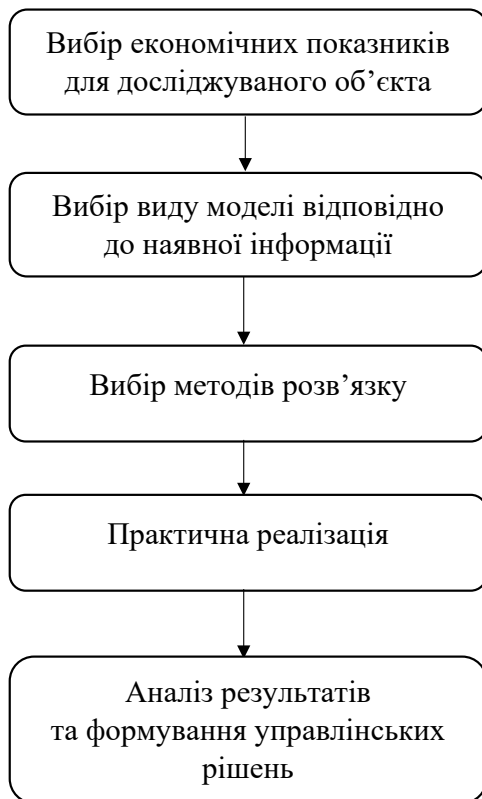


Рис. 1. Алгоритм розробки економіко-математичної моделі для реалізації прикладної задачі

Одними з найбільш застосовуваних для аналітики у аграрному секторі економіки є клас лінійних оптимізаційних моделей.

Традиційно, у контексті таких моделей розглядаються задачі максимізації прибутку або мінімізації можливих витрат. У якості одного з найпростіших прикладів можна розглянути задачу максимізації рівня рентабельності сільськогосподарського підприємства [3]:

$$\max Z = \frac{\sum_{j=1}^n c_j x_j}{\sum_{j=1}^n d_j x_j}$$

де $\sum_{j=1}^n c_j x_j$ – прибуток від реалізації продукції, а $\sum_{j=1}^n d_j x_j$ – витрати на виробництво (собівартість) продукції. Також накладаються обмеження на використання наявних ресурсів – кількість таких обмежень індивідуальна для кожного конкретного випадка і зазвичай визначається реалізатором (автором) під потреби вирішуваної задачі. Якщо розв'язок такої моделі знайти важко, її можна звести до задачі лінійного програмування. Також задачі такого виду зручно застосовувати у кейсі оптимізації структури земельних угідь або для досить актуальних сьогодні задач мінімізації негативного впливу аграрного виробництва на навколишнє середовище.

Суттєвими перевагами застосування даного класу економіко-математичних моделей є їх універсальність, відносна простота реалізації, відсутність потреби у використанні потужної матеріально-технічної бази. Важливим недоліком даного підходу є обмеженість отриманих результатів та відносно високий ризик неадекватності моделі внаслідок застосування різноманітних параметрів.

Наведемо приклад задачі оптимізації структури виробництва аграрного підприємства.

Підприємство має обмежену посівну площу землі – 5000 га. Для виготовлення кормів планується використовувати 25% урожаю жита та 35% кукурудзи. Накладаються обмеження на використання як трудових ресурсів так і механізованої праці, враховуються правила сівозміни та структура поголів'я корів. Всі змінні невід'ємні. У якості цільової функції використовується функція рентабельності підприємства. З урахуванням всіх обмежень отримаємо систему з 12 нерівностей з 7-ма невідомими (площі посіву культур (x_1, x_2, x_3) та поголів'я корів (x_4, x_5, x_6, x_7)). Таку задачу

Таблиця 1

Вхідні характеристики аграрного підприємства

Показник	Основні напрямки виробництва						
	Жито, x_1	Кукурудза, x_2	Кормові, x_3	Корови (продуктивність, кг)			
				5000, x_4	4500, x_5	4000, x_6	3500, x_7
Урожайність, т/га	7	8,5	8,9	-	-	-	-
Собівартість, грн/т	5000	4300	1800	1200	1400	1600	1800
Ціна, грн/т	7000	4800	-	2200	2200	2200	2200
Вихід кормів, т/га	5	3	6,5	-	-	-	-
Трудові ресурси	4	8	4	8	8	8	8
Механізована праця	3	10	3	2	2	2	2
Частка корів	-	-	-	0,1	0,2	0,3	0,4
Потреба у кормах	-	-	-	6	5	4,8	4,3

зручно звести до задачі лінійного програмування та знайти рішення за допомогою пакету MS Office Excel або програмного середовища MatLab (Matrix Laboratory), що є досить зручним для розв'язання подібних задач. За допомогою середовища MatLab таку задачу можливо вирішити з використанням однієї конструкції типу *linprog* [4].

У результаті реалізації задачі отримано виробничий план з оптимальною структурою розподілу посівних площ та поголів'я за видами X^* ($x_1 = 1528, x_2 = 112, x_3 = 1528, x_4 = 259, x_5 = 512, x_6 = 686, x_7 = 941$). Показник рентабельності для наведеної задачі становитиме 22,5%.

Лінійні моделі легко застосовуються для ідеальних умов і не враховують можливі збурення, вплив екзогенних факторів та стан природи. Вони не можуть дати основу для однозначного оптимального управлінського рішення і ефективно працюватимуть лише в умовах позитивних трендів усіх вхідних параметрів. Цей клас моделей ефективно застосовувати для нескладних задач з невеликою кількістю параметрів.

Для більш складних випадків використовують багатокритеріальні моделі. Даний клас моделей передбачає одночасне використання максимізації та мінімізації різних параметрів.

Також ефективним механізмом є задачі параметричного програмування У таких задачах параметри визначені на певному проміжку та приймають дискретні значення. У загальному вигляді задача параметричного програмування записується як:

$$F = \sum_{i=1}^n c_i(t_k) x_i \rightarrow \max | \min$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n a_{ij}(t_k) x_i = b_j(t_k), j = \overline{1, m} \\ x_i \geq 0, i = \overline{1, n} \end{cases}$$

де t_k – деякий параметр, що набуває значень із відрізка $[a_k, b_k]$. Коефіцієнти цільової функції, лівих та правих частин обмежень залежать від множини параметрів t_k [5].

Даний вид задач параметричного програмування дозволяє оцінити розвиток сільськогосподарського підприємства чи АПК в цілому в залежності від множини різних параметрів. Такими параметрами можуть виступати час та попередні значення певних факторів, що мають вплив на коефіцієнти при невідомих. Також необхідні граничні значення для параметрів.

Задачі параметричного програмування зручно застосовувати при моделюванні сільського господарства в умовах невизначеності цін.

Найбільш реальні результати дають задачі стохастичного програмування. Вони дозволяють враховувати невизначеність та використовують знання розподілу імовірностей для даних чи їх експертних оцінок. Такий підхід дає можливість врахувати некеровані параметри, що суттєво впливають на досліджувану систему. Для задач стохастичного програмування важливим є вибір як виду цільової функції, так і виду обмежень, оскільки є можливість вибору, а початкові дані не дають можливості однозначного вибору, а отже результати не завжди будуть адекватними. При постановці стохастичної задачі важливо керуватись не тільки математичною логікою, а і загальними знаннями та критичним мисленням – детермінованість чи стохастичність вхідних параметрів має визначатись з урахуванням специфіки галузі, сутності технологічних процесів, економічних аспектів тощо.

Не варто зосереджуватись на тривіальних підходах та класичних економіко-математичних моделях. Кожна конкретна прикладна задача вимагає індивідуального підходу та розробки моделі. Наприклад, у кейсі управління інноваціями у сільському господарстві можуть бути застосовані моделі Марковіща та Шарпа [6].

В існуючих умовах невизначеності та нестабільності економічної системи зручно використати модель Квазі-Шарпа, яка базується на взаємозв'язку між прибутковістю кожного цінного паперу з існуючого набору та прибутковістю інвестиційного портфеля в цілому [7]. Описується даний взаємозв'язок наступною функцією:

$$R_i = \bar{R}_i + \beta_i (R_{sp} - \bar{R}_{sp})$$

де R_i – прибутковість цінного паперу, R_{sp} – прибутковість одиничного портфеля, β_i – коефіцієнт регресії, \bar{R}_i – середня прибутковість цінного паперу в минулому періоді, \bar{R}_{sp} – середня прибутковість одиничного портфеля у попередньому періоді.

За моделлю Квазі-Шарпа, прибутковість інвестиційного портфеля визначається за формулою:

$$R_p = \sum_{i=1}^N (\bar{R}_i \times W_i) + (R_{sp} - \bar{R}_{sp}) \times \sum_{i=1}^N (\beta_i \times W_i)$$

Ризик інвестиційного портфеля:

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\beta_i \times W_i)^2 \times \sigma_{sp}^2 + \sum_{i=1}^N (\sigma_{ij}^2 \times W_i^2)}$$

де σ_{sp} – показник ризику одиничного портфеля.

Таким чином, пряма задача матиме наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N (\bar{R}_i \times W_i) + (R_{sp} - \bar{R}_{sp}) \times \sum_{i=1}^N (\beta_i \times W_i) \rightarrow \max \\ \sqrt{\sum_{i=1}^N (\beta_i \times W_i)^2 \times \sigma_{sp}^2 + \sum_{i=1}^N (\sigma_{ei}^2 \times W_i^2)} \leq \sigma_{req} \\ W_i \geq 0 \\ \sum W_i = 1 \end{array} \right.$$

де σ_{ei} – залишковий ризик цінного паперу.

Висновки. У даній статті було розглянуто економіко-математичні моделі, що застосовуються у аналітиці для аграрного сектору економіки. Для аналізу АПК можна застосовувати велику кіль-

кість економіко-математичних моделей та потужний інструментарій для їх розв'язання. Проте не існує універсального підходу або «золотого правила». Кожен випадок унікальний і тільки за умови правильної та деталізованої постановки задачі можливо побудувати адекватну математичну модель та прийняти ефективне управлінське рішення на основі отриманих результатів. Також при побудові економіко-математичної моделі окрім основної мети поставленої задачі необхідно враховувати кількість та природу вхідних параметрів, розуміти їх вплив на досліджувану систему та вихідні результати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Власов М.П., Шимко П.Д. Моделирование экономических процессов. Ростов н/Д : Феникс, 2005. 409 с.
2. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки : навчальний посібник. Київ : КНЕУ, 2003. 408 с.
4. Сирота А.А. Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование в MATLAB. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2016. 384 с.
5. Лавров Є.А., Перхун Л.П., Шендрюк В.В. Математичні методи дослідження операцій. Суми : Сумський державний університет, 2017. 212 с.
6. Вітлінський В.В., Великоіваненко Г.І. Кількісне оцінювання ризику у фінансово-економічній сфері. *Фінанси України*. 2011. № 11. С. 16–25.
7. Пересада А.А., Шевченко О.Г., Коваленко Ю.М. Портфельне інвестування. Київ : КНЕУ, 2004. 408 с.

REFERENCES:

1. Vlasov, M.P., & Shymko, P.D. (2005) Modelirovanie ekonomicheskikh processov [Modeling of economic processes]. Rostov-on-Don: Feniks. (in Russian)
2. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Vitlinskyi, V.V. (2003) Modeluvannya ekonomiky: navchalnyy posibnyk [Modeling of the economy: the tutorial]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
4. Sirota, A.A. (2016) Metody i algoritmy analiza dannyh i ih modelirovanie v MATLAB [Methods and algorithms for data analysis and modeling in Matlab]. Saint-Petersburg: BHV-Peterburg. (in Russian)
5. Lavrov, E.A., Perhun, L.P. & Shendryk, V.V. (2017) Matematychni metody doslidzhennya operaciy [Mathematical methods of operations research]. Sumy: SDU. (in Ukrainian)
6. Vitlinskyi, V.V. & Velykoivanenko, H.I. (2011) Quantitive risk assessment in financial and economic sphere. *Finansy Ukrainy*, no. 11, pp. 16–25. (in Ukrainian)
7. Peresada, A.A., Shevchenko, O.G. & Kovalenko, U.M. (2004) Portfelne investuvannya [Portfolio investment]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)